

# Aufbruch zum Rand des Sonnensystems

Glaßmeier, Karl-Heinz

Veröffentlicht in:  
Jahrbuch 2004 der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.55-58



J. Cramer Verlag, Braunschweig

## Aufbruch zum Rand des Sonnensystems\*

KARL-HEINZ GLASSMEIER

Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik  
Technische Universität Braunschweig  
Friedrich-Löffler-Weg 13, D-38116 Braunschweig

Als während der Besetzung Ägyptens durch Napoleon im Juli des Jahres 1799 in Rashid (auch Rosetta oder Rosette), einer Stadt in Unterägypten am Nil-mündungsarm im Nil-Delta, der heute nach seinem Fundort benannte Rosetta-Stein von dem französischen Offizier Pierre François Xavier Bouchard gefunden wurde, begann für die Ägyptologie ein neues Zeitalter. Denn der aus dem Jahre 196 v. Chr. stammende Stein zeigt einen Gesetzestext in drei Sprachen: im oberen Bereich in ägyptischen Hieroglyphen, in der Mitte in demotischer Schrift und im unteren Bereich in Griechisch. Damit gelang es, die Bedeutung der Hieroglyphen zu enträtseln.

Die ägyptische Sprache zu verstehen und damit das Tor zur Kultur des alten Ägypten zu öffnen, ist vergleichbar dem Anliegen, die Entstehung unseres Sonnensystem mit seinem Zentralgestirn, seinen Planeten und Monden zu verstehen. Mit Immanuel Kant geht auch die heutige Wissenschaft davon aus, dass alle Körper unseres Sonnensystems letztlich aus einer gravitierenden Staubscheibe entstanden sind. Wesentliche Details dieses Bildungsprozesses sind aber immer noch unverstanden, und die Entstehung unseres Sonnensystem ist weiterhin eine ungeklärte Frage.

Von besonderer Bedeutung ist dabei die Frage nach den Eigenschaften des Urmaterials, aus dem die Erde und die anderen Planeten entstanden sind. Die Frage mag verwundern, könnte man sich doch einfach bücken, vom Acker eine Handvoll Erde aufnehmen und sagen: „Hier ist der Urstoff.“ Der es sich so einfach machte, irrt, denn unsere Erde ist ein differenzierter Körper. Ehemals schwere Bestandteile, vornehmlich Eisen, sind in der früher glutflüssigen Erde nach innen abgesunken, leichte Bestandteile nach oben aufgestiegen, haben sich teilweise auch verflüchtigt, während oberflächennahe Gesteine durch Verwitterungsprozesse verändert oder durch biologische Prozesse überformt wurden: Die Erde ist ein differenzierter Körper.

---

\* Vortrag gehalten am 11.06.04 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

Wie kann man sich nun aber Zugang zum Urmaterial verschaffen? Kometen sind nach allgemein anerkannter Auffassung das Tor zum Verständnis unseres Sonnensystem und können daher eine ähnliche Rolle für die Planetologie spielen wie der Rosetta-Stein. Kometen sind große Eisklumpen, Mischungen aus Wasser, Staub und Kohlendioxid. Uns bekannte Durchmesser dieser kosmischen Boten liegen bei einigen Kilometern. Sie haben ihren Ursprung am äußersten Rand des Sonnensystems, in der nach dem niederländischen Astronom benannten Oortschen Wolke, in der sich in einem Abstand von einigen zehntausend astronomischen Einheiten (eine astronomische Einheit entspricht dem Abstand Erde-Sonne, d. h. 150 Millionen Kilometer) Milliarden von Kometen befinden, so die Hypothese. Bedingt durch Bahnstörungen, hervorgerufen durch vorbeiziehende interstellare Wolken, werden diese Urkörper in das Innere unseres Sonnensystems geschleudert, wo sie als Kometen auch dem menschlichen Auge erkennbar werden. Als Urkörper darf man die Kometen betrachten, da sie am äußersten Rande des Sonnensystems entstanden sind, in einer Region mit Temperaturen nur wenig oberhalb der kosmischen Temperatur von 3° Kelvin. Keinerlei Differenzierung ist unter solchen Bedingungen mehr möglich. Und einmal entstanden, bleiben Kometen was sie sind: Boten vom Rand unseres Sonnensystems.

Einen solchen Boten zu besuchen – das ist das Ziel der europäischen Weltraummission ROSETTA, benannt nach eben dem Stein, der uns das Tor zur alten ägyptischen Kultur geöffnet hat. Ziel dieser Mission ist es, den Kometenkern zu erforschen, seine Form und Rotation, seine Oberfläche und innere Struktur, seine Massendichte und stoffliche Zusammensetzung. Aber nicht nur dieser Kern interessiert als Bote vom Rande des Sonnensystems, sondern auch seine Wechselwirkung mit dem Sonnenwind, einer Plasmaströmung, die ständig von der Sonne ausgeht und mit der jeder planetare Körper wechselwirkt. Es ist gerade diese Wechselwirkung, die zur Ausbildung des dem menschlichen Auge sichtbaren Kometenschweifs führt und in der Umgebung des Kometen ein natürliches Plasmalaboratorium entstehen lässt, das auch Ziel der wissenschaftlichen Nutzlast ROSETTAs ist.

Mit Abmessungen von  $2.8 \times 2.1 \times 2.0 \text{ m}^3$  ist das ROSETTA-Raumschiff etwa so groß wie ein Schiffscontainer. Die Trockenmasse liegt bei 1330 kg, und als Treibstoff können 1670 kg Hydrazin mitgeführt werden. Die wissenschaftliche Nutzlast liegt bei 165 kg, das ebenfalls mitgeführte Landegerät PHILAE wiegt etwa 100 kg. Die Energieversorgung wird durch zwei jeweils  $64 \text{ m}^2$  umfassende Solarpanele gewährleistet, die in Erdenähe eine Leistung von 9800 Watt aufweisen und in einem Abstand von 750.000.000 km immerhin noch 395 Watt liefern. Die wissenschaftlichen Daten werden mit einer Rate von bis zu 22 kbit/s zur Erde gefunkt, um dort ausgewertet zu werden. Mehr als 50 wissenschaftliche Institute aus 14 verschiedenen Ländern sind an dieser Mission beteiligt und teilen sich die Kosten von über 700 Millionen €. Über 600 Wissenschaftler aus

über 150 Institutionen waren, sind und werden letztlich an diesem Projekt beteiligt sein.

Der Start der Sonde erfolgte am 2. März 2004 von Kourou (Französisch Guayana) aus. Das Ziel der Mission ist der Komet 67p/Churyumov-Gerasimenko, ein Komet mit einem Kerndurchmesser von etwa 3 km, der im Sommer 2014 erreicht werden soll. Ähnlich lang wie der Flug zum Kometen dauerten auch die Vorbereitungen für diese Mission. Schon bald nach dem sehr erfolgreichen Vorbeiflug der europäischen Raumsonde GIOTTO am Kometen Halley im März 1986 entwickelten europäische Wissenschaftler die Idee, einen weiteren Kometen zu besuchen und dort insbesondere auch ein Landegerät an der Oberfläche abzusetzen. Nach jahrelangen Vorbereitungen und vielen Vorstudien zur Machbarkeit eines solchen Projekts entschied sich das Science Programme Committee der European Space Agency (ESA), das ROSETTA-Projekt aus der Taufe zu heben. Der Auftrag an die europäische Industrie, den Satelliten zu fertigen, wurde im März 1997 erteilt. Im Jahr vorher wurde ein Wettbewerb um die wissenschaftliche Nutzlast international ausgeschrieben. Die Auswahl der Experimente erfolgte nach eingehender Begutachtung der eingereichten Experimentvorschläge durch ein international besetztes Expertengremium im Sommer 1997. Unter den ausgewählten Experimenten befanden sich auch zwei Magnetometer für den Orbiter und für das Landegerät PHILAE, die vom Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik der Technischen Universität Braunschweig vorgeschlagen worden waren. Im September 2002 war es dann so weit: der ROSETTA-Satellit wurde mit integrierten Experimenten und dem Landegerät nach Kourou zum Startplatz verschifft. Der ursprünglich für den Januar 2003 geplante Start zum Kometen Wirtanen musste aus technischen Gründen verschoben werden, was die Auswahl eines neuen Missionsziels erforderlich machte. Als neues Ziel wurde der bereits erwähnte Komet 67p/Churyumov-Gerasimenko ausgewählt. Nach erfolgreichem Start am 2. März ist ROSETTA nun auf seinem Weg.

Die wissenschaftliche Nutzlast umfasst eine Vielzahl von beobachtenden Experimenten: hochauflösende Kameras, die im optischen und infraroten Frequenzbereich arbeiten, abbildende UV- und Infrarot-Spektrometer, Mikrowellen- und Massenspektrometer, Staubanalysatoren, ein Radiowellenexperiment zur Bestimmung z. B. der Kometenmasse und ein umfangreiches Analysepaket für das Plasma in der Kometen-Sonnenwindwechselwirkungsregion, das vom ROSETTA Plasma Consortium beigelegt wurde, einem Konsortium, an dem auch die TU Braunschweig intensiv beteiligt ist. Auch das Landegerät PHILAE, dessen Struktur vom DLR-Institut für Strukturmechanik in Braunschweig entwickelt wurde, trägt wissenschaftliche Instrumente zur Untersuchung der Beschaffenheit des kometaren Materials an der Landestelle.

Die lange Reise ROSETTAs zum Kometen 67p/Churyumov-Gerasimenko sieht im Detail wie folgt aus: März 2005 naher Vorbeiflug an der Erde, März 2007 Vorbeiflug am Planeten Mars, November 2007 Vorbeiflug an der Erde, Septem-

ber 2008 am Asteroiden Steins, November 2009 Vorbeiflug an der Erde, Juli 2010 Vorbeiflug am Asteroiden Lutetia, Mai 2014 Rendezvous mit dem Kometen und November 2014 Landung auf dem Kometen. Das Missionsende ist für den Dezember 2015 geplant. Die Erd- und Marsvorbeiflüge dienen der Bahnkorrektur.

Auch wenn ROSETTA auf seiner langen und 10 Jahre dauernden Reise zum Kometen 67p/Churyumov-Gerasimenko wissenschaftlich sehr interessante Messungen am Mars und an den beiden zu besuchenden Asteroiden liefert, stellt doch ein Projekt mit einer Gesamtlaufzeit von fast 30 Jahren die internationale Community der Kometenforscher vor eine harte Geduldsprobe. Mehr noch, ein Projekt dieser Größenordnung und Dauer erfordert spezielle Vorkehrungen, um sicherzustellen, dass auch bei Ankunft am Kometen die notwendigen Detailkenntnisse über die wissenschaftlichen Experimente noch verfügbar sind. Die europäische Raumfahrtagentur ESA hat daher umfangreiche Vorkehrungen getroffen, den Know-How Transfer über die langen Jahre der ROSETTA-Mission sicherzustellen. Alle wesentlichen Entwicklungs- und Fertigungsschritte des Satelliten und der Experimente wurden in Wort und Bild umfänglichst dokumentiert. Videofilme wichtiger Produktionsprozesse, Instrumentkalibrierungen usw. sollen darüber hinaus helfen, den Erfahrungsschatz der vielen am ROSETTA-Projekt beteiligten und in den kommenden Jahren in den Ruhestand gehenden Wissenschaftler zu sichern. ROSETTA ist so auch zu einem Testfall für neue Formen der Projektarchivierung geworden.

Wenn dann ROSETTA im Jahre 2014 an seinem Ziel ankommt, wird sich das wissenschaftliche Interesse auch auf die komplexen plasmaphysikalischen Prozesse in der Wechselwirkungsregion des Sonnenwindes mit dem abströmenden Gas des Kometen richten. Durch die UV-Strahlung der Sonne und hochenergetische Elektronen im Sonnenwind wird dieses kometare Gas ionisiert und unterliegt sofort dem elektromagnetischen Feld des interplanetaren Mediums. Da Stöße zwischen Teilchen wegen der extrem geringen Dichte von etwa nur 5 Teilchen pro Kubikzentimeter kaum vorkommen, sind es diese elektromagnetischen Felder, die die Wechselwirkung zwischen den kometaren und interplanetaren Teilchen kontrollieren und dafür sorgen, dass die kometaren Teilchen mit dem Sonnenwind weiter in den Raum geschleudert werden. So entsteht der Schweif, glauben die kometaren Plasmaphysiker. Offen, und nur in numerischen Simulationen verstanden, sind jedoch viele Prozessdetails, die sich bestens studieren lassen, wenn man den in seiner Aktivität mit zunehmender Nähe zur Sonne stärker werdenden Kometen umkreist, so wie es ROSETTA in 10 Jahren tun soll.